
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: Elektronické, informační a řídicí systémy

Využití standardní zvukové karty při výuce zpracování signálu

Using a standard sound card for teaching signal processing

Bakalářská práce

Autor:

Jiří Křištof

Vedoucí práce:

Ing. Miroslav Holada, Ph.D.

Konzultant práce:

Ing. Josef Chaloupka, Ph.D.

V Liberci 11. 5. 2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří KRIŠTOF**
Osobní číslo: **M08000042**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektronické informační a řídicí systémy**
Název tématu: **Využití standardní zvukové karty při výuce zpracování signálu**
Zadávací katedra: **Ústav informačních technologií a elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznamte se s problematikou zachytávání a zobrazování audio signálu v systémech MS Windows, zaměřte se na využití API funkcí. Zjistěte stávající stav problematiky, zaměřte se také na dostupné realizace osciloskopu pomocí zvukové karty.
2. Navrhněte vlastní software pro nahrávání, zobrazování a přehrávání zvuku pomocí standardní zvukové karty v reálném čase. Software bude fungovat jako jednoduchý osciloskop. Využijte knihovny používané na pracovišti školitele.
3. Návrh realizujte a implementujte generování libovolného periodického signálu a zobrazování zachyceného signálu v časové i frekvenční oblasti.
4. Realizovaný software prakticky otestujte a připravte několik ukázkových úloh jeho použití.

Rozsah grafických prací: Dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: cca 30-40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] Interní studijní materiály školitele
- [2] HLAVÁČ V., SEDLÁČEK M.: Zpracování signálu a obrazu, Skripta FEL ČVUT, Praha 2000, ISBN 80-01-02114-9

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Holada, Ph.D.
Ústav informačních technologií a elektroniky
Konzultant bakalářské práce: Ing. Josef Chaloupka, Ph.D.
Ústav informačních technologií a elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: 1. října 2010
Termín odevzdání bakalářské práce: 20. května 2011

prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.
děkan



doc. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.
pověřen vedením ústavu

V Liberci dne 1. října 2010

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé práce Ing. Miroslavu Holadovi, Ph.D za odborné rady a čas, který mi věnoval při konzultacích.

Abstrakt

Cílem této práce je prozkoumat možnosti alternativního využití standardní zvukové karty. Hlavní oblastí bude zachytávání a zobrazování elektrických signálů. K tomuto účelu zkoumání poslouží aplikace, která bude fungovat jako jednoduchý osciloskop a generátor funkcí využívající právě zvukové karty. Velkou částí této práce je tedy vývoj takové aplikace. Práce obsahuje pojednání o zvukových kartách dostupných na trhu. Součástí je také popis dostupných osciloskopů a jejich porovnání. Dále je zde popsán způsob zachytávání a přehrávání zvuků v operačním systému MS Windows. V závěru práce jsou uvedeny výsledky testování vytvořeného osciloskopu na různých úlohách. Práce obsahuje zhodnocení použitelnosti osciloskopu a jeho dosažených parametrů.

Klíčová slova: osciloskop, zvuková karta, záznam zvuku, přehrávání zvuku, osciloskop ze zvukové karty.

Abstract

This bachelor thesis's purpose is to explore possibilities of alternative usage of standard sound card. Main part is about catching and displaying electrical signals. For this purpose there will be made an application working like simple oscilloscope and signal generator using sound card. Developing this application is the biggest part of this thesis. It includes elaboration of sound cards available to buy on present market. It also compares oscilloscopes on present market. At next there is described a way of recording and playing sounds in operating system MS Windows. At the end of this thesis there are results of testing the made oscilloscope on various exercises. And there is also evaluated the usability of this oscilloscope and its parameters.

Keywords: oscilloscope, sound card, recording sounds, playing sounds, sound card oscilloscope.

Obsah

Abstrakt.....	5
Obsah	6
Seznam obrázků.....	7
Úvod.....	9
1 Zvuková karta.....	10
1.1 Historie vývoje zvukových karet.....	10
1.2 Moderní zvukové karty a jejich parametry.....	10
2 Osciloskopy.....	13
2.1 Analogové osciloskopy.....	13
2.2 Digitální osciloskopy	14
2.3 USB digitální osciloskopy k PC	15
2.4 Osciloskopy ze zvukové karty	16
2.4.1 Dostupné osciloskopy ze zvukové karty.....	16
3 Zachytávání a zobrazování audio signálu v MS Windows pomocí API funkcí	18
3.1 Win API.....	18
3.2 Záznam audio signálu pomocí knihovny Windows API.....	18
3.3 Přehrávání audio signálu pomocí knihovny Windows API.....	19
4 Vývoj osciloskopu ze zvukové karty	20
4.1 Popis vytvořené aplikace	20
4.1.1 Osciloskop	20
4.1.2 Generátor funkcí	22
4.1.3 Frekvenční analyzér.....	23
4.1.4 Nastavení	24
4.2 Kalibrování osciloskopu	25
4.3 Přípravek se vstupním děličem.....	26
4.3.1 Popis přípravku s děličem.....	26
4.3.2 Postup při konstrukci děliče.....	26
5 Testování osciloskopu.....	29

5.1	Testování na úloze měření zesilovače	29
5.1.1	Popis úlohy	29
5.1.2	Kalibrace osciloskopu	29
5.1.3	Průběh měření	30
5.2	Frekvenční charakteristika vstupu zvukové karty	32
5.3	Měření periodických signálů různých průběhů	33
5.3.1	Obdélníkový signál	33
5.3.2	Trojúhelníkový signál	35
5.4	Měření signálu z EKG simulátoru	37
	Závěr	40
	Seznam použité literatury	41
	Příloha A – Přiložené CD	43

Seznam obrázků

Obrázek 1.1:	Sound blaster 2.0 [2]	10
Obrázek 1.2:	SWEEX SC012 5.1 interní [3]	11
Obrázek 1.3:	ASUS Xonar HDAV1.3 Deluxe [4]	12
Obrázek 2.1:	Obrazovka analogového osciloskopu [5]	13
Obrázek 2.2:	Analogový osciloskop Metrix OX 863B [6]	14
Obrázek 2.3:	Digitální osciloskop Agilent DSO1024A [7]	15
Obrázek 2.4:	Cleverscope CS328A [8]	16
Obrázek 4.1:	Osciloskop	21
Obrázek 4.2:	Generátor funkcí	22
Obrázek 4.3:	Frekvenční analyzátor	23
Obrázek 4.4:	Nastavení	25
Obrázek 4.5:	Vstupní dělič	26
Obrázek 4.6:	Schéma děliče	27
Obrázek 5.1:	Schéma zapojení úlohy	29
Obrázek 5.2:	Přípravek se zesilovačem	30

Obrázek 5.3: Signál zachycený zvukovou kartou.....	31
Obrázek 5.4: Signál zachycený analogovým osciloskopem.....	31
Obrázek 5.5: Frekvenční charakteristika vstupu zvukové karty.....	32
Obrázek 5.6: Obdélník 1kHz zachycený zvukovou kartou	33
Obrázek 5.7: Obdélník 1kHz zachycený standardním osciloskopem.....	34
Obrázek 5.8: Harmonické složky obdélníka [10]	34
Obrázek 5.9: Obdélník 1kHz filtrovaný dolnoproustním filtrem FIR	35
Obrázek 5.10: Trojúhelníkový signál zachycený zvukovou kartou	36
Obrázek 5.11: Trojúhelníkový signál zachycený standardním osciloskopem.....	36
Obrázek 5.12: Harmonické složky trojúhelníka [10].....	37
Obrázek 5.13: Signál EKG zachycený osciloskopem ze ZK.....	38
Obrázek 5.14: Signál EKG zobrazený standardním osciloskopem	39

Úvod

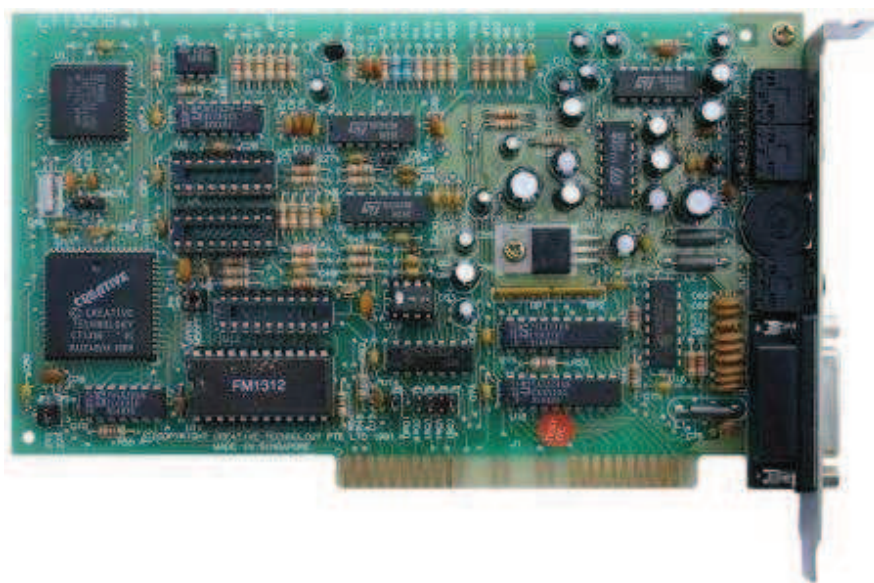
Osciloskop je nepostradatelným nástrojem pro mnoho lidí. Bez něj by si svou práci asi nedokázala představit spousta konstruktérů a opravářů elektronických zařízení. Osciloskop se ale může hodit i lidem, kteří se touto prací neživí. Určitě by se našli domácí kutilové nebo děti navštěvující elektrikářský kroužek, které by průběh nějakého signálu občas zajímal, ale nechtějí utrácet za osciloskop poměrně velkou částku peněz. K tomuto účelu se nabízí využít zvukovou kartu, která je dnes v každém osobním počítači. Její částí je stejně jako u digitálního osciloskopu analogově-digitální převodník. Parametry takto vytvořeného osciloskopu se s parametry běžných laboratorních osciloskopů nejspíš nebudou dát srovnávat, ale pro spoustu případů to určitě postačí.

1 Zvuková karta

1.1 Historie vývoje zvukových karet

Zvuková karta je rozšiřující karta počítače, která umožňuje záznam a přehrávání zvuku. První zvukové karty se začaly vyrábět na začátku osmdesátých let, když se začaly rozšiřovat osobní počítače. Tyto karty obsahovaly čip, který umožňoval generovat několik syntetických hlasů, z kterých bylo možné složit jednoduchý zvuk. O pár let později se pro generování zvuků začala používat frekvenčně modulovaná syntéza, kterou lze dosáhnout věrnějších zvuků než pomocí syntetických hlasů. Tyto karty tedy uměly pouze napodobit zvuk hudebních nástrojů a záznam neumožňovaly.

První zvuková karta, která obsahovala analogově-digitální a digitálně-analogový převodník a která tedy umožňovala přehrávání i záznam zvuku v digitální podobě, byla karta Sound Blaster. Na konci osmdesátých let ji začala prodávat společnost Creative Music Systems. Karta měla jeden vstupní a jeden výstupní kanál se vzorkovací frekvencí 44,1kHz a osmi bitovou hloubkou. [1].



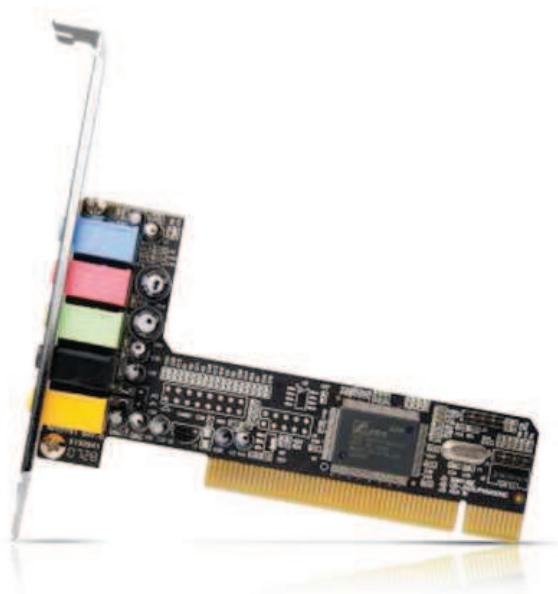
Obrázek 1.1: Sound blaster 2.0 [2]

1.2 Moderní zvukové karty a jejich parametry

Pro dnešní počítače je zvuková karta samozřejmostí. Může být i integrovaná přímo v základní desce počítače z důvodu úspory místa. Nejobyčejnější integrované zvukové karty mají dnes maximální vzorkovací frekvenci alespoň 96kHz a hloubku 16

bitů na vzorek, což bez problému dostačuje k přehrávání a záznamu v CD-kvalitě, která má vzorkovací frekvenci 44,1kHz a rozlišení 16 bitů na vzorek.

Nové nejlevnější zvukové karty, které se dají pořídit už za cenu tří set korun, mají většinou maximální vzorkovací frekvenci 96kHz a rozlišení 24 bitů na vzorek. I tyto nejlevnější zvukové karty už dnes bývají šesti kanálové, což znamená, že mají výstup pro šest reproduktorů. Jedna taková karta je na následujícím obrázku.



Obrázek 1.2: SWEEX SC012 5.1 interní [3]

Nejkvalitnější zvukové karty, které se prodávají za cenu okolo pěti tisíc korun, mají potom maximální vzorkovací frekvenci až 192kHz a rozlišení až 32 bitů na vzorek. Jejich výstup bývá až pro osm kanálů. V poslední době se u zvukových karet také začínají objevovat optické vstupy a výstupy. Jejich výhodou je, že optické vedení není rušeno elektromagnetickým zářením. Na obrázku 1.3 je jedna z nejkvalitnějších interních zvukových karet s osmikanálovým výstupem.



Obrázek 1.3: ASUS Xonar HDAV1.3 Deluxe [4]

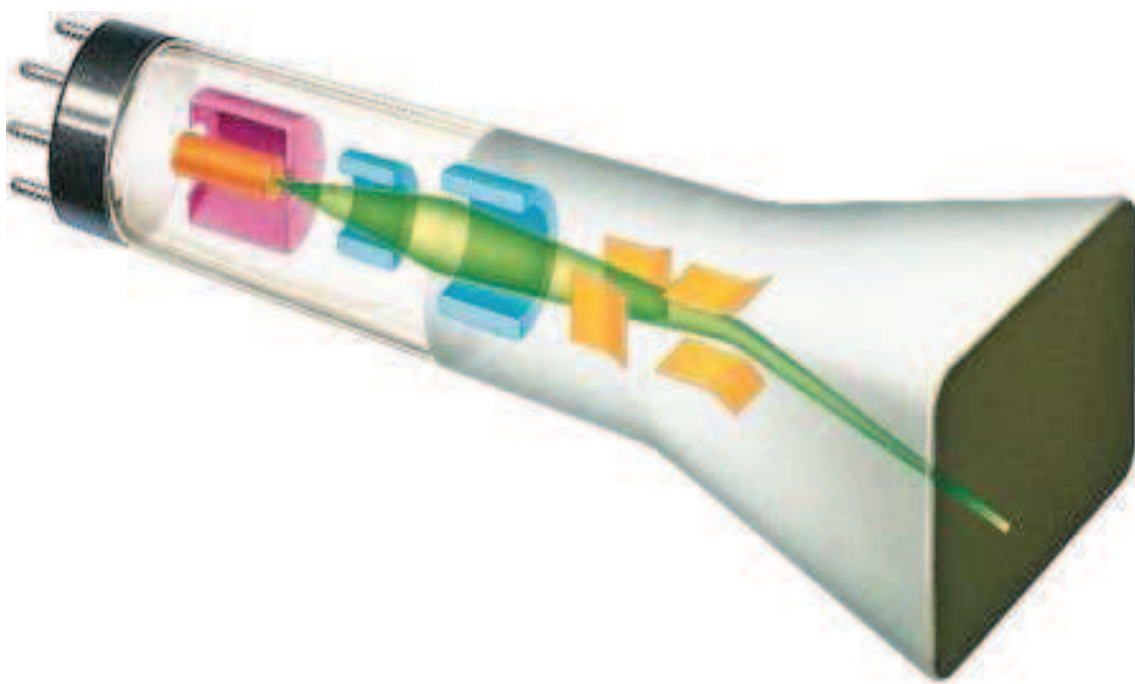
Interní zvukové karty se připojují do sběrnice PCI základní desky počítače. Prodávají se i externí zvukové karty, které se k počítači připojují přes sériové rozhraní USB. Jejich parametry jsou opět závislé na jejich ceně a poměr cena ku výkonu je téměř stejná jako u karet interních. Zvukové karty mají vstupní filtr, který propouští pouze frekvence odpovídající slyšitelnému zvuku. Filtr se chová jako dolní propust s mezní frekvencí 20kHz. Toto bude tedy nejspíš hlavním omezujícím parametrem pro vytvářený osciloskop.

2 Osciloskopy

Osciloskop je zařízení, které slouží k zobrazení nejčastěji periodického průběhu elektrického signálu v čase. Většinou bývají dvoukanálové. Umožňují tedy současné zobrazení dvou signálů v časové oblasti nebo zobrazení závislosti jednoho signálu na druhém. V druhém případě jde o takzvaný režim X-Y. Osciloskopy můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin a to jsou osciloskopy analogové a osciloskopy digitální.

2.1 Analogové osciloskopy

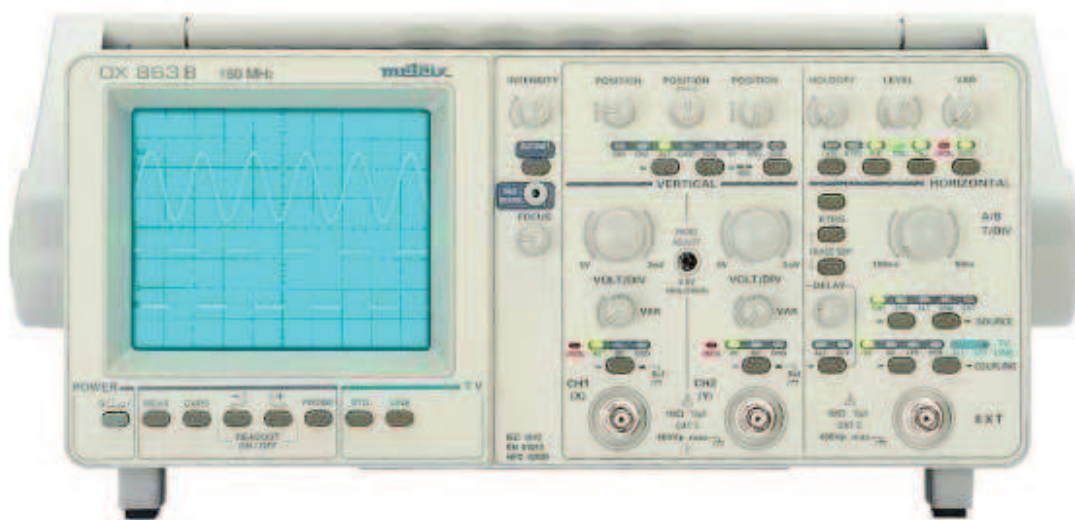
Analogový osciloskop využívá k zobrazení obrazovku tvořenou Braunovou vakuovou elektronkou s elektrostatickým vychylováním elektronového paprsku. Paprsek dopadá na obrazovku, na které je vrstva luminoforu. Luminofor se po dopadu paprsku rozsvítí a tím vzniká obraz. Horizontálně je paprsek vychylován signálem z časové základny, což je pilový průběh, který je spouštěn (začíná) vždy ve stejném bodě periodického signálu přivedeného na vstup. Vertikálně je paprsek vychylován samotným zkoumaným signálem přivedeným na vstup osciloskopu. Tím je docíleno, že je zobrazen čitelný průběh signálu v čase.



Obrázek 2.1: Obrazovka analogového osciloskopu [5]

Frekvenční rozsah běžných analogových osciloskopů se pohybuje od 40MHz do 150MHz podle jeho ceny. Napěťový rozsah lze měnit použitím různých sond, běžně bývá až stovky voltů. Stínítko je z pravidla rozděleno na deset krát deset dílků.

Napětíové rozsahy je možné zvolit od 1mV na dílek až po desítky voltů na dílek. Měřítka zobrazeného časového úseku lze měnit od 50μs na dílek až po stovky ms na dílek. Uvedené parametry odpovídají běžně dostupným osciloskopům. Analogové osciloskopy se stále prodávají za cenu podobnou nejlevnějším digitálním osciloskopům, což je mezi deseti a dvaceti tisíci Korunami českými. Digitální osciloskopy ale ty analogové postupně nahrazují zejména kvůli množství funkcí, které oproti analogovým osciloskopům nabízejí.



Obrázek 2.2: Analogový osciloskop Metrix OX 863B [6]

2.2 Digitální osciloskopy

Digitální osciloskop většinou k zobrazení používá LCD displeje neboli displeje z tekutých krystalů. Může být černobílý nebo i barevný. Zkoumaný vstupní analogový signál je vzorkováním převeden do digitální podoby. Osciloskopy vzorkují frekvencí 1 až 4 GS/s s osmi bitovou hloubkou. Paměť mívají na milióny vzorků. Osciloskopy mohou mít i více než dva vstupní kanály. Kromě standardních analogových kanálů mohou mít i vstup pro analyzování několika logických kanálů. Dražší osciloskopy mívají například čtyři analogové a šestnáct logických kanálů. Digitální osciloskopy obsahují nespočet užitečných funkcí. Mezi nejzákladnější patří odměřovací kurzory, výpočet frekvenční analýzy metodou FFT, automatické měření frekvencí či amplitud. Bývají také vybaveny rozhraním USB. Umožňují například ukládání naměřených průběhů na flash disky, přímý tisk na tiskárnu s USB portem, komunikaci s připojeným osobním počítačem a spoustu dalších.

Kmitočtový rozsah kvalitních digitálních osciloskopů může být až 500MHz. Napěťový rozsah opět závisí na použité sondě. Je možné připojit i sondu proudovou pro měření proudu. Napěťová citlivost je podobná jako u analogových osciloskopů a to 1 mV na dílek.



Obrázek 2.3: Digitální osciloskop Agilent DSO1024A [7]

2.3 USB digitální osciloskopy k PC

Tento druh osciloskopů je prodáván jako externí periferie k osobnímu počítači. Připojuje se zpravidla přes sériové rozhraní USB. Jeho výhodou je, že je levnější, protože obsahuje pouze AD převodník a obvody pro komunikaci s počítačem. Pro zobrazení průběhu a nastavování parametrů osciloskopu slouží software dodávaný s osciloskopem. Tyto osciloskopy nedosahují tak velkých vzorkovacích frekvencí jako běžné digitální osciloskopy a tím pádem mají menší frekvenční rozsah. Na druhou stranu ale některé mají bitové rozlišení až 14bitů, což jim umožňuje zaznamenat změnu napětí i v řádu desítek μV . Jedním takovým je osciloskop Cleverscope CS328A zobrazený na obrázku 2.4, který stojí okolo dvaceti tisíc korun. Má vzorkovací frekvenci 100MHz a rozlišení 14bitů. Ty nejlevnější, které e dají pořídit i pod cenu šesti tisíc korun mají vzorkovací frekvenci do sta MHz a osmibitové rozlišení.



Obrázek 2.4: Cleverscope CS328A [8]

2.4 Osciloskopy ze zvukové karty

Tento druh osciloskopů využívá k měření signálů AD převodníků zvukové karty. Frekvenční rozsah tedy odpovídá frekvencím pro člověka slyšitelných zvuků, což je zhruba 15Hz až 20kHz. Rozlišení takového osciloskopu potom bývá 16bitů, což je rozlišení, které dnes podporuje každá zvuková karta. Problémem je napěťový rozsah. Vstup zvukové karty je stavěn na audiosignály o maximálním rozkmitu napětí zhruba 5,5V. Pro některé aplikace tohoto osciloskopu to postačí, pro jiné musí být vyroben vstupní dělič. Vzhledem k poměrně nízké vstupní impedanci zvukové karty, která se pohybuje v řádu desítek $k\Omega$, je vhodné použít i impedanční oddělení, aby nedocházelo k ovlivnění měřeného obvodu.

Tento druh osciloskopů ale rozhodně není určen pro profesionální použití, ale spíše pro občasné a orientační zobrazení signálu. Nejspíš ho využijí děti navštěvující elektronické kroužky nebo domácí kutilové, kteří nechtějí investovat tisíce korun do plnohodnotného osciloskopu.

2.4.1 Dostupné osciloskopy ze zvukové karty

Na webu je ke stažení více aplikací, které fungují jako osciloskop využívající zvukovou kartu. Dají se sehnat aplikace, které jsou zdarma, i aplikace placené. Nenašel jsem ale žádnou, ke které by byl zveřejněn zdrojový kód, a bylo ji tedy možné upravovat a dále vylepšovat. Toto asi bylo hlavním důvodem k zadání této práce.

Jako nejpovedenější pro soukromé a vzdělávací účely zdarma dostupnou aplikaci považuji SOUND CARD SCOPE (http://www.zeitnitz.de/Christian/scope_en). Aplikace je velmi povedená po grafické stránce, vypadá a ovládá se jako běžný analogový osciloskop. Pro někoho, kdo už měl někdy běžný osciloskop v ruce, je tedy ovládání intuitivní. Nevýhodou této aplikace je, že neumožňuje zobrazit signál v reálném napěťovém měřítku. Signál je zobrazován pouze v relativním rozmezí od mínus jedné do jedné.

Placené softwary, které pracují jako osciloskop ze zvukové karty, se prodávají za cenu několika set korun. Jedním takovým je osciloskop a signální generátor, který prodává Ing. Boleslav Vraný na svých stránkách www.bolekvraný.cz. Software je určen hlavně pro využití dětmi v elektronických kroužcích. Osciloskop umožňuje zobrazit dva kanály. Lze nastavit, jakému reálnému napětí odpovídá maximální vstupní hodnota, čímž je možné nastavit, aby byl signál zobrazen v reálném měřítku. Jeho cena je dvě stě korun i s daní.

3 Zachytávání a zobrazování audio signálu v MS Windows pomocí API funkcí

3.1 Win API

Zkratku API (Application Programming Interface) lze přeložit jako rozhraní pro programování aplikací. Je to knihovna základních funkcí, které by měl programátor aplikací pro MS Windows používat pro komunikaci s jádrem operačního systému. Jádrem operačního systému se rozumí například souborový systém nebo ovladače zařízení. Pomocí API tedy lze obsluhovat i zařízení, jako je například zvuková karta. Podrobný popis funkcí lze najít na webových stránkách MSDN [9], což je zkratka Microsoft Developer Network neboli síť vývojářů Microsoftu. Proto zde uvedu pouze názvy funkcí s jejich parametry, které jsou pro dané úkony nezbytné.

3.2 Záznam audio signálu pomocí knihovny Windows API

Pro záznam zvuku je zapotřebí provést několik kroků. Nejprve je potřeba vybrat vstupní zařízení a správně jej nastavit. Pro zjištění informací o nainstalovaných vstupních zařízeních slouží dvě funkce. Funkce *UINT waveInGetNumDevs(void)*, která vrátí počet vstupních zařízení a funkce *waveInGetDevCaps(UINT uDeviceID, LPWAVEINCAPS pwic, UINT cbwic)*, která získá informace o zařízení, jako jsou například jeho jméno, verze ovladače, podporované formáty záznamu nebo počet kanálů. Nastavení parametrů, s jakými se má zvuk nahrávat, se provádí takzvaným otevřením vstupního zařízení. Slouží k tomu funkce *waveInOpen(LPHWAVEIN phwi, UINT uDeviceID, LPCWAVEFORMATEX pwx, DWORD dwCallback, DWORD dwInstance, DWORD fdwOpen)*. Samotné nastavení parametrů, jako je počet kanálů, vzorkovací frekvence a počet bitů na vzorek, je obsaženo ve struktuře *LPCWAVEFORMATEX*, touto funkcí se také nastavuje cíl (nejčastěji samostatné vlákno), kterému se má poslat zpráva, že byl buffer naplněn. Dále je potřeba vytvořit alespoň dva buffery, do kterých se nahraná data budou ukládat. K tomu slouží funkce *waveInPrepareHeader(HWAVEIN hwi, LPWAVEHDR pwh, UINT cbwh)*, jejímiž parametry jsou handle neboli označení zařízení a ukazatel na strukturu pro nastavení bufferů *WAVEHDR*. Struktura obsahuje informace o bufferu jako jsou například počáteční adresa nebo jeho délka. Vytvořené buffery se dále musí zaslat do zařízení pro naplnění. K tomu slouží funkce *waveInAddBuffer(HWAVEIN hwi, LPWAVEHDR pwh, UINT cbwh)*. Pokud otevření zařízení, příprava a zaslaní bufferů do zařízení proběhne

bez problémů, je možné nahrávání spustit. To se provede funkcí *waveInStart(HWAVEIN hwi)*. Když je buffer naplněn, začne se automaticky nahrávat do druhého bufferu a je odeslána zpráva obslužnému vláknu, že se tak stalo. V obslužném vláknu se musí nahraná data zpracovat a pomocí výše zmíněné funkce *waveInAddBuffer* se buffer znovu odešle do zařízení k naplnění. Takto se vše opakuje při každém naplnění bufferu. Ukončení nahrávání se provede funkcí *waveInStop(HWAVEIN hwi)*. Po ukončení záznamu je ještě nutné zrušit buffery a zařízení zavřít. K tomu slouží funkce *waveInUnprepareHeader(HWAVEIN hwi, LPWAVEHDR pwh, UINT cbwh)* a *waveInClose(HWAVEIN hwi)*.

3.3 Přehrávání audio signálu pomocí knihovny Windows API

Způsob přehrávání je velmi podobný způsobu záznamu. Opět jsou potřeba minimálně dva buffery a jedno vlákno pro hlídání stavu dokončení přehrávání bufferů. Pro přehrávání jsou potřeba následující funkce. Pro získání počtu nainstalovaných zařízení slouží funkce *UINT waveOutGetNumDevs(void)* a pro získání informací o konkrétním zařízení funkce *waveOutGetDevCaps(UINT uDeviceID, LPWAVEOUTCAPS pwoc, UINT cbwoc)*. Zařízení je před přehráváním nutné otevřít s nastavenými parametry funkcí *waveOutOpen(LPWAVEOUT phwo, UINT uDeviceID, LPWAVEFORMATEX pwfx, DWORD dwCallback, DWORD dwInstance, DWORD dwOpen)*. Parametry pro přehrávání se opět nastavují do struktury typu *LPWAVEFORMATEX*, na kterou se odkazujeme ukazatelem *phwo*. Struktura pro nastavení parametrů přehrávání je shodná se strukturou pro nastavení parametrů záznamu. Jedním z dalších parametrů funkce pro otevření je opět způsob oznamování stavu přehrávání a to nejčastěji zasílání zpráv vláknu. Buffery se připraví pro přehrávání funkcí *waveOutPrepareHeader(HWAVEOUT hwo, LPWAVEHDR pwh, UINT cbwh)*. Parametry jsou stejné jako u funkce pro přípravu bufferů pro záznam. Buffer se poté zařadí do fronty pro přehrávání funkcí *waveOutWrite(HWAVEOUT hwo, LPWAVEHDR pwh, UINT cbwh)*. Jakmile přehrávání bufferu dokončeno, je odeslána zpráva vláknu. Zatímco se přehrává druhý buffer, ve vláknu musí obstarat opětovné naplnění prvního bufferu a zařazení do fronty pro přehrávání. Po ukončení přehrávání je nutné buffery zrušit funkcí *waveOutUnprepareHeader(HWAVEOUT hwo, LPWAVEHDR pwh, UINT cbwh)* a zařízení pro přehrávání zavřít funkcí *waveOutClose(HWAVEOUT hwo)*.

4 Vývoj osciloskopu ze zvukové karty

Hlavní částí této práce bylo vytvořit software, který bude využívat zvukovou kartu a bude fungovat jako jednoduchý osciloskop. Na tomto softwaru potom vyzkoušet, jakých parametrů u takového jednoduchého osciloskopu lze dosáhnout a jaké další možnosti využití zvukové karty se nabízejí. Aby napěťové měřítko odpovídalo úrovni měřeného signálu, je osciloskop nutné kalibrovat přivedením nějakého známého vstupního signálu známé amplitudy a nejlépe harmonického průběhu. Kalibrace je popsána v odstavci věnujícímu se záložce nastavení.

4.1 Popis vytvořené aplikace

Aplikace je vytvořena ve vývojovém prostředí MS Visual Studio 2008 a psána jazykem C++/CLI. Aplikace je rozdělena na čtyři části, každá část je umístěna v samostatné záložce. Jednotlivými částmi jsou osciloskop, generátor funkcí, frekvenční analyzátor a záložka pro nastavení.

4.1.1 Osciloskop

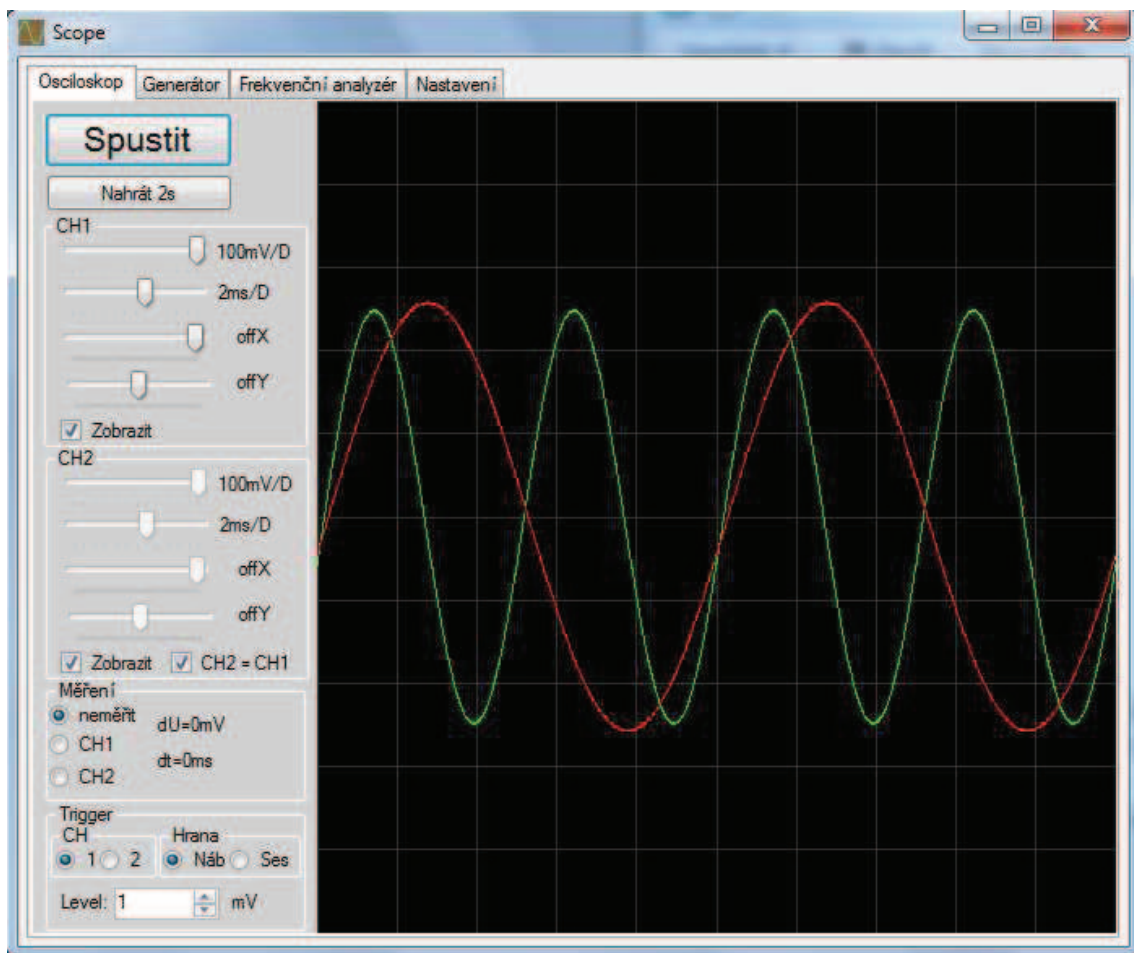
Osciloskop zaznamenává vstupní signál v nekomprimovaném formátu PCM audio stereofonně s rozlišením 16bitů a vzorkovací frekvencí 44,1kHz, 48kHz nebo 96kHz. Displej osciloskopu je umístěn v pravé části okna a je rozdělen na 10x10 dílků. Na displeji lze zobrazit první, druhý či oba kanály současně. Displej se vykresluje 10x za sekundu. V levé části okna jsou ovládací prvky osciloskopu. Hlavními ovládacími prvky jsou dvě tlačítka. Jedno pro spuštění a vypnutí osciloskopu a druhé pro jednorázové naplnění paměti osciloskopu. Další ovládací prvky jsou rozděleny do čtyř skupin.

První skupina je pro nastavení zobrazení prvního kanálu a druhá pro nastavení zobrazení druhého kanálu. Těmito ovládacími prvky lze nastavit čtyři parametry. Prvním je měřítko napětí od 10μV/dílek do 10V/dílek a druhým měřítko času od 10μs/dílek do 100ms/dílek. Dále lze nastavit posun signálu ve svislém směru (napěťový offset) a posun v čase, kde se lze pohybovat v celé paměti osciloskopu, která je na 2s signálu.

Třetí skupina ovládacích prvků je pro ovládání měřících kurzorů. Jsou zde na výběr tři přepínače. Skrytí kurzorů, měření prvního kanálu nebo měření druhého kanálu. Kurzory se umísťují kliknutím na příslušné místo na displeji. Vedle ovládacích

přepínačů jsou uvedeny naměřené hodnoty a to rozdíl napětí mezi kurzory, rozdíl času a převrácená hodnota tedy frekvence.

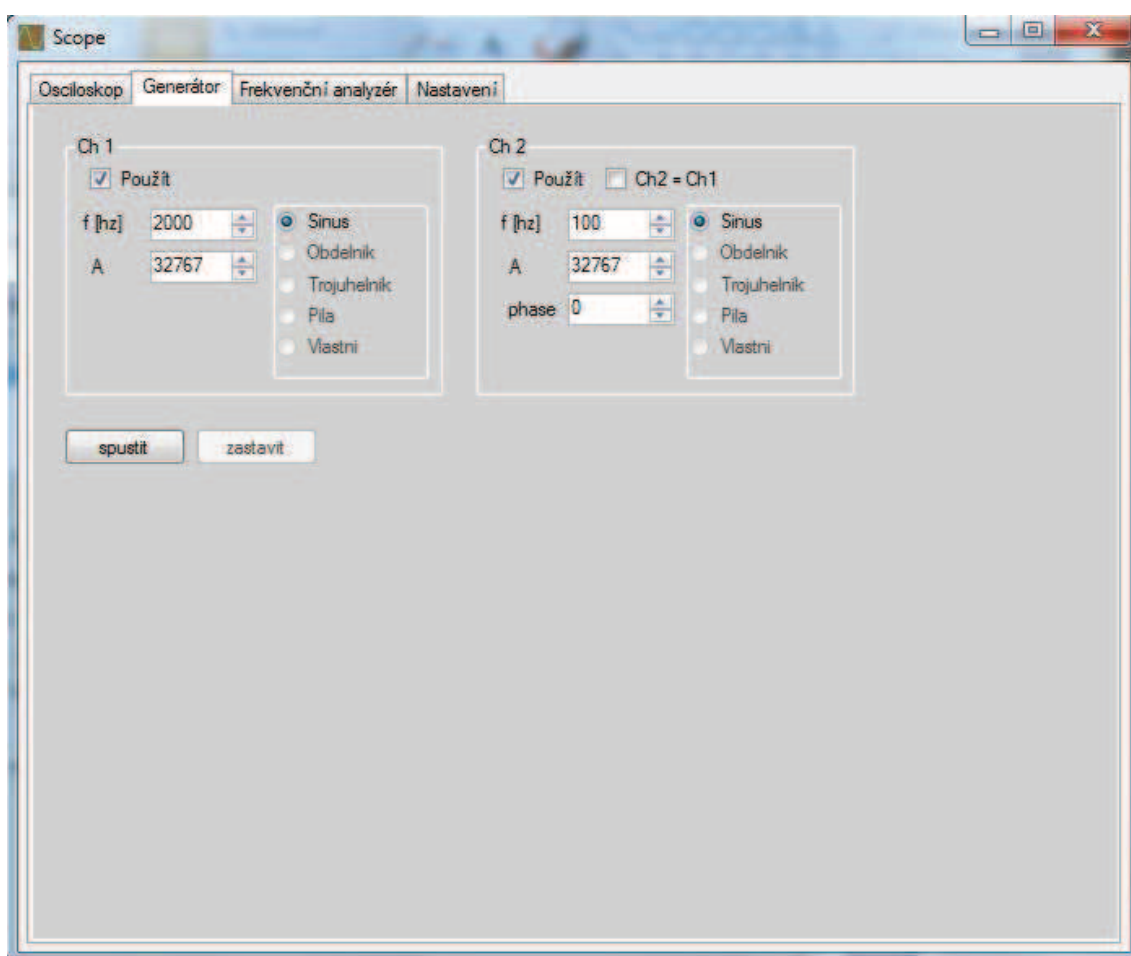
Ve čtvrté skupině lze nastavit spouštěč (trigger). Udává hodnotu vstupního napětí, při níž se má průběh zobrazit. Tato hodnota se nastavuje v poli level. Dále lze nastavit zda se má spouštět při náběžné či sestupné hraně a jakého kanálu. Při jednorázovém nahrávání do paměti se nahrávání rovněž spustí až při překročení nastavené hodnoty spouštěče.



Obrázek 4.1: Osciloskop

4.1.2 Generátor funkcí

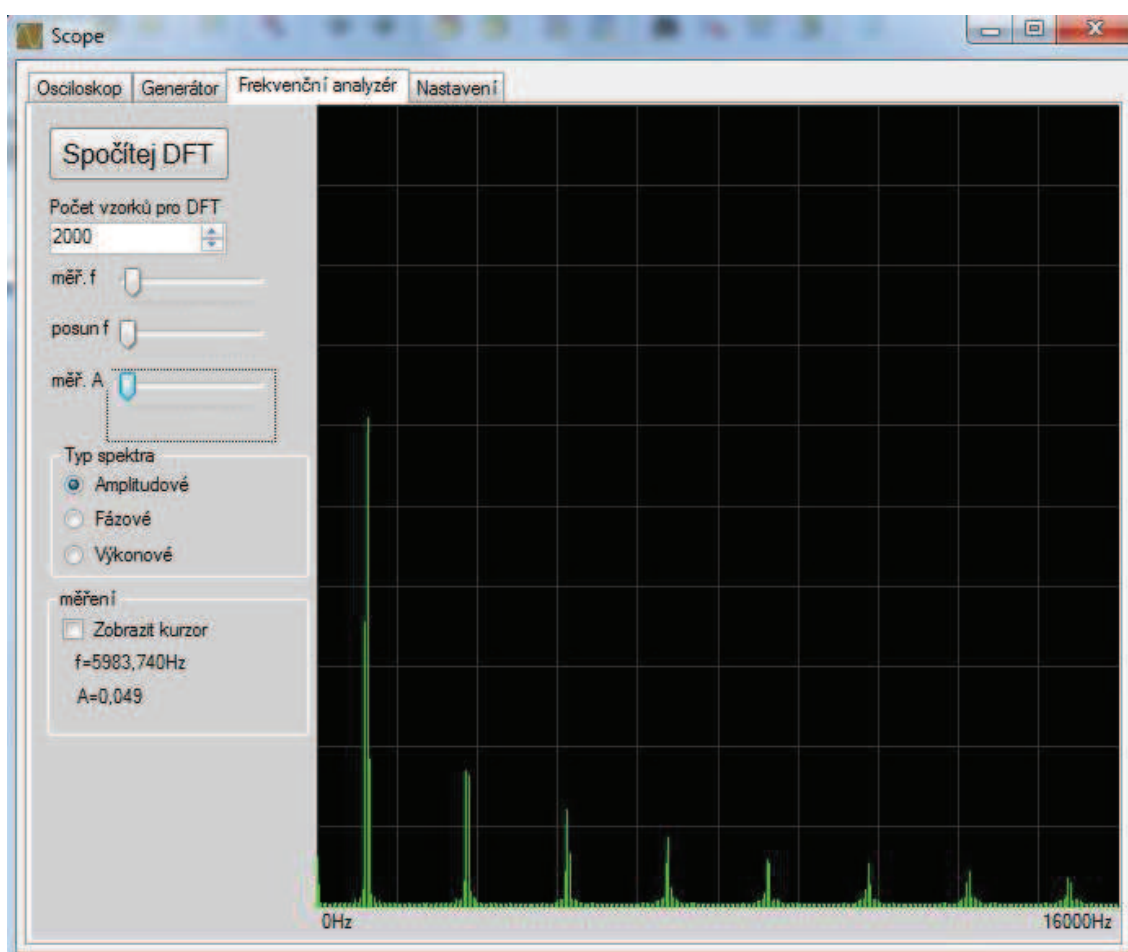
Tato jednoduchá záložka byla vytvořena hlavně pro odladování osciloskopu. Umožňuje generovat nezávislé signály pro první a druhý kanál. U generovaných signálů lze nastavit jejich průběh a to buď harmonický nebo obdélníkový, frekvenci od 5Hz do 20kHz a jejich amplitudu v relativním rozsahu 0 až 32767, což je maximální kladná hodnota 16ti bitového čísla. Po nastavení požadovaných parametrů generovaných signálů se generátor spustí stisknutím tlačítka „spustit“. Ukončení generování signálu se provede stisknutím tlačítka „zastavit“. Při nastavení maximální hlasitosti v operačním systému a ponechání maximální amplitudy se na výstupu zvukové karty generuje signál o napětí 4V špička-špička.



Obrázek 4.2: Generátor funkcí

4.1.3 Frekvenční analyzátor

V pravé straně této záložky je podobný displej jako v záložce osciloskopu. Na tomto displeji je ale možné zobrazit zaznamenaný signál ve frekvenční oblasti. Pro výpočet frekvenčního spektra je použit jednoduchý algoritmus diskrétní Fourierovy transformace. Uživatel má možnost si zadat z kolika vzorků se má transformace počítat. Počet vzorků pro transformaci také odpovídá počtu komplexních koeficientů pro jednotlivé frekvence. Z komplexních koeficientů se počítá pouze první polovina pro frekvence od nuly do poloviny vzorkovací frekvence. Druhá polovina koeficientů je komplexně sdružená s koeficienty z první poloviny spektra, tudíž je není potřeba počítat. Komplexní koeficienty jsou počítány podle vztahu $X[k] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \exp(-j2\pi nk/N)$. Výpočet je velmi náročný na čas, jelikož není nijak optimalizován. Proto ho nebylo možné provádět v reálném čase, ale pouze jednorázově ze zaznamenaného signálu. Například výpočet z 10 000 vzorků a tedy pro 5000 frekvencí první poloviny spektra trvá přibližně 10 sekund.



Obrázek 4.3: Frekvenční analyzátor

4.1.4 Nastavení

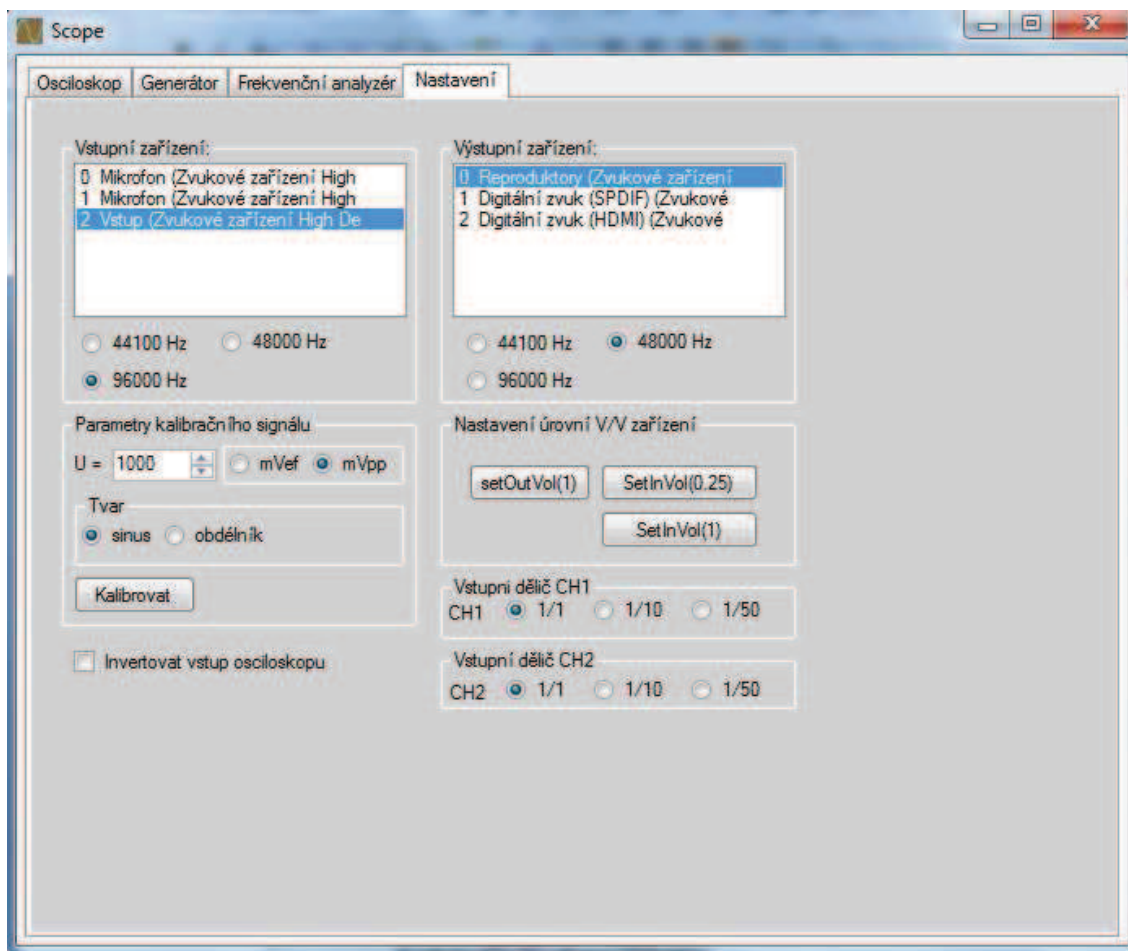
V této záložce je uživateli umožněno nastavit několik parametrů osciloskopu případně generátoru. Můžeme zde nastavit, které vstupní zařízení má být použito pro osciloskop a které výstupní zařízení pro generátor. Dále je možné nastavit vzorkovací frekvenci těchto zařízení a to buď na 44,1kHz, 48 kHz nebo 96 kHz.

Další položkou v této záložce jsou parametry kalibračního signálu. Zde lze nastavit, jakým signálem osciloskop kalibrujeme. Zadává se zde jeho velikost v mV, zda je uvedená hodnota napětí efektivní nebo napětí špička-špička a zda je průběh kalibračního napětí harmonický nebo obdélníkový. Po nastavení parametrů kalibračního napětí stačí stisknout tlačítko kalibrovat, čímž se nastaví napěťové měřítko osciloskopu na správnou hodnotu. Detailní popis kalibrace je v následující samostatné kapitole.

V záložce nastavení je jdou dále umístěna tlačítka pro rychlé nastavení úrovní vstupních nebo výstupních zařízení. Pro vstupní zařízení jsou zde dvě tlačítka. Jedno pro nastavení vstupní úrovně na maximum a druhé pro nastavení na čtvrtinu maxima. Při nastavení na čtvrtinu má vstup menší citlivost, ale lze k němu připojit napětí o amplitudě až 2V. Při maximální vstupní úrovni má vstup větší citlivost, ale lze k němu připojit napětí o amplitudě pouze 0,5V. Toto nemusí platit u všech zvukových karet a tyto hodnoty se u jiných mohou lišit. Proto není nastavení úrovní prováděno automaticky, ale uživatelem. Po nastavení úrovní je nutné osciloskop znovu kalibrovat.

Jelikož pro praktické využití rozsah vstupního napětí vstupu zvukové karty nestačí, byl vytvořen jednoduchý předřadný dělič. Proto je zde ještě pro správné zobrazení měřeného napětí možné nastavit dělicí poměr předřazeného děliče.

V průběhu testování osciloskopu bylo zjištěno, že u některých zvukových karet je vstupní signál převrácen. Z tohoto důvodu byla do záložky nastavení ještě přidána možnost volby pro invertování vstupního signálu.



Obrázek 4.4: Nastavení

4.2 Kalibrování osciloskopu

Vstupní rozsahy napětí se u různých zvukových karet mohou lišit. To znamená, že nelze z číselných hodnot získaných ze zvukové karty přesně určit, jakému odpovídají vstupnímu napětí. Na velikost získaného signálu má vliv i nastavení úrovně v mixéru zvuků v operačním systému. Z těchto hlavních důvodů byla vytvořena funkce pro kalibraci vstupního napětí. Kalibrace je zde provedena následujícím způsobem. Při kalibraci musí být osciloskop spuštěn. Uživatel na vstup zvukové karty přivede periodický, nejlépe harmonický signál známe amplitudy. Je dobré si vstupní signál zobrazit a zkontrolovat, zda není ořezán, což by znamenalo, že je na vstup přiveden větší signál, než jaký je vstupní rozsah karty. Poté se v záložce nastavení nastaví parametry signálu a stiskne tlačítko kalibrovat. Software si změří velikost vstupního napětí a přiřadí ji zadanou hodnotu napětí. Od této chvíle by uživatel neměl měnit nastavení vstupní úrovně a osciloskop by měl signál zobrazovat o reálné velikosti.

4.3 Přípravek se vstupním děličem

4.3.1 Popis přípravku s děličem

Pro zkoušení osciloskopu byl vytvořen opravdu jednoduchý přípravek s pasivním děličem vstupního signálu. Vstupem přípravku jsou dva BNC konektory, každý pro jeden kanál. Výstupem je audiokabel zakončený stereo konektorem jack 3,5mm určeným pro připojení do vstupu zvukové karty. Oba kanály mají svůj třípolohový přepínač. V první poloze je vstup přímo propojen s výstupem bez předřadného děliče napětí. Ve druhé poloze je mezi vstup a výstup přípravku zařazena impedance navržená tak, aby s impedancí zvukové karty tvořila dělič s dělicím poměrem 1/10 a ve třetí poloze s dělicím poměrem 1/50. Výrobci bohužel vstupní impedance zvukových karet neuvádí. Je tedy možné, že se bude u různých karet lišit. Předřadný dělič byl tedy stavěn na hodnoty jedné konkrétní zvukové karty. U karty s jiným vstupním odporem by byl dělicí poměr jiný.



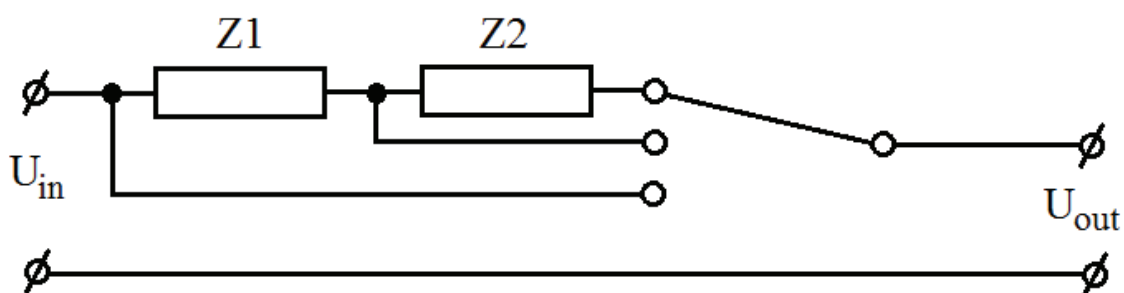
Obrázek 4.5: Vstupní dělič

4.3.2 Postup při konstrukci děliče

Nejprve bylo potřeba zjistit, jakou má vstup zvukové karty impedanci. Výrobci tuto hodnotu bohužel neuvádí a tak bylo nutné ji změřit. Při měření odporu multimetrem byl naměřen nekonečně velký odpor. To nasvědčuje tomu, že je na vstupu karty oddělovací kondenzátor. Odpor byl tedy změřen jednoduchým experimentem. Na vstup karty byl přímo přiveden kalibrační signál z osciloskopu, který má obdélníkový průběh o frekvenci 1kHz a napětí 5V mezi jednotlivými úrovněmi. Průběh byl poté zobrazen na

vytvořeném osciloskopu. Poté byl ten samý signál připojován přes odpory různé velikosti a sledován zobrazený průběh na osciloskopu. Po několika pokusech bylo zjištěno, že signál byl utlumen právě na polovinu při předřadném odporu $80\text{k}\Omega$, z čehož lze usoudit, že vstupní odpor karty má stejnou hodnotu. Signál byl ale zkreslen a tak bylo potřeba předřadnou impedanci doplnit o určitou kapacitu. Kapacita byla opět určena experimentálně. Bylo zjištěno, že při připojení zdroje signálu přes paralelní kombinaci již zjištěného odporu $80\text{k}\Omega$ a kondenzátoru o kapacitě 1nF měl zobrazený průběh na osciloskopu poloviční amplitudu a totožný tvar se signálem zobrazeným bez předřazené impedance.

Když už byla známa vstupní impedance zvukové karty, bylo jednoduché spočítat předřadné impedance děliče. Dělič byl navržen tak, že každý kanál bude mít tři možné polohy přepínače. První pro přímé propojení bez předřadného odporu, druhou pro poměr $1/10$ a třetí pro poměr $1/50$. Schéma děliče pro jeden kanál je uvedeno na obrázku 4.6.



Obrázek 4.6: Schéma děliče

Jako Z_i je označována vstupní impedance zvukové karty. Pro impedanci Z_1 platí níže uvedený vztah, z něhož plyne, že předřadná impedance musí být devět krát větší. To platí pro reálnou složku, jež představuje odpor, tak pro složku imaginární, kterou představuje kapacita kondenzátoru. Jelikož reaktance kondenzátoru je nepřímo úměrná jeho kapacitě, tak kapacita kondenzátoru musí být devětkrát menší než vstupní kapacita zvukové karty.

$$\frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{1}{10} = \frac{Z_i}{Z_1 + Z_i} \Rightarrow Z_1 = 9 \cdot Z_i$$

Impedance Z_1 byla tedy vytvořena paralelní kombinací rezistoru o odporu $720\text{k}\Omega$ a kondenzátoru o kapacitě 110pF . Obdobným způsobem byla spočítána i

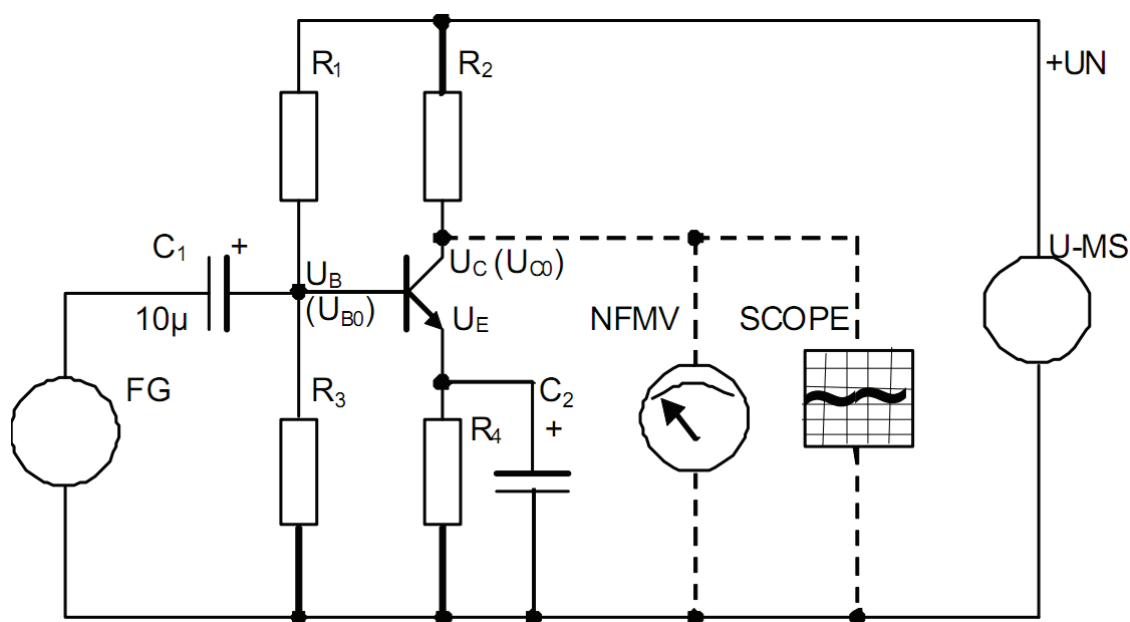
impedance Z_2 , která byla čtyřnásobkem součtu impedance Z_1 a Z_i . Výsledkem byla opět paralelní kombinace odporu $2880\text{k}\Omega$ a kapacity 27pF .

5 Testování osciloskopu

5.1 Testování na úloze měření zesilovače

5.1.1 Popis úlohy

Vytvořený osciloskop využívající zvukovou kartu byl otestován v laboratoři na jedné z úloh, která se provádí v rámci předmětu elektrotechnika a měření. Úloha je nazvána měření tranzistorového zesilovače. V této úloze je používán analogový osciloskop pro zkoumání výstupního napětí zesilovače. Na obrázku 5.1 je zobrazeno schéma úlohy převzaté z jejího zadání.



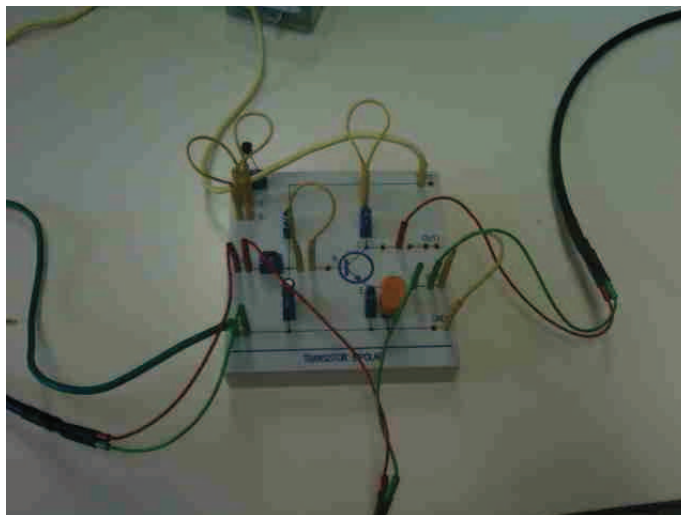
5.1.2 Kalibrace osciloskopu

Před začátkem měření bylo potřeba softwarový osciloskop kalibrovat, aby naměřené hodnoty odpovídaly skutečným. Jako zdroj kalibračního signálu byl použit funkční generátor. Na generátoru jsme nastavili výstupní napětí 1V harmonického průběhu o frekvenci 1kHz. Generátor jsme propojili s přípravkem koaxiálním kabelem. Přípravek byl přepnut do polohy 1V, kdy nemá předřazen žádnou impedanci a generátor je tedy přímo propojen se vstupem zvukové karty. Osciloskop jsme spustili a v záložce nastavení jsme nastavili parametry vstupního signálu. Bylo tedy potřeba nastavit, že vstupní signál je harmonický o efektivní hodnotě 1000mV. Poté stačilo stisknout

tlačítko kalibrovat. Nyní už by měl být signál zobrazen o správné amplitudě, o čemž jsme se přesvědčili v následujícím měření.

5.1.3 Průběh měření

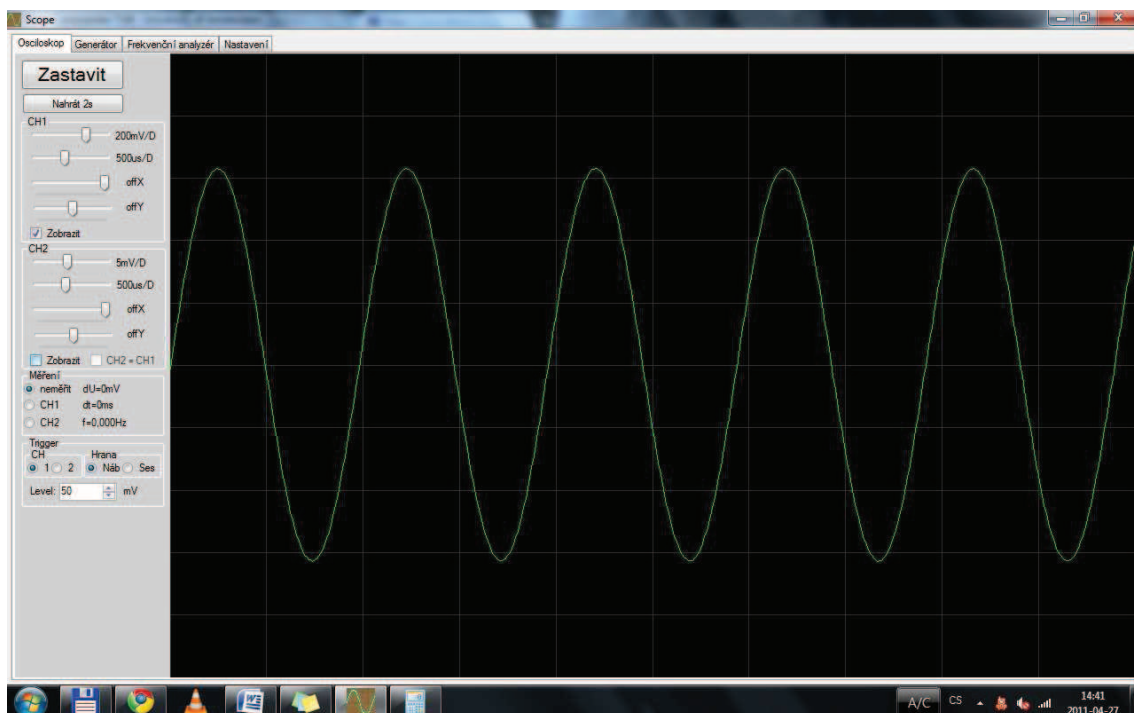
Měřený zesilovač byl sestaven z elektronické stavebnice DOMINOPUTER, což je přípravek stavěný na zapojení zesilovače. Přípravek už obsahuje tranzistor BC546B. Stačí ho osadit pasivními součástkami a zesilovač je připraven k měření. Osazený přípravek je na obrázku 6.2.



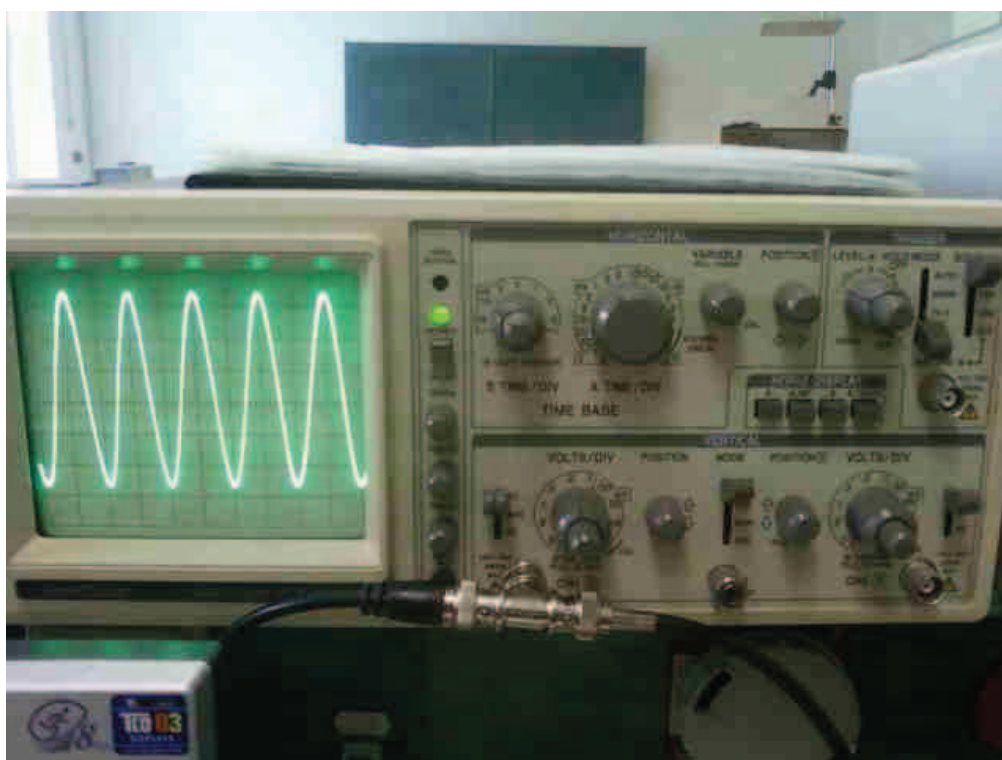
Obrázek 5.2: Přípravek se zesilovačem

Zadání úlohy je rozděleno na čtyři body. V první části úlohy je za úkol změřit pracovní bod tranzistoru. V tomto bodě se s osciloskopem nepracuje, proto byl vynechán.

V dalším bodě úlohy je cílem změřit zesílení zesilovače při vstupním harmonickém napětí 4mV a frekvenci 1kHz. Na generátoru funkcí jsme tedy nastavili požadované parametry signálu a měřili výstupní napětí zesilovače. Výstupní napětí bylo zobrazeno jak na testovaném osciloskopu ze zvukové karty, tak na standardním analogovém osciloskopu. Zobrazené průběhy oběma osciloskopy jsou zobrazeny na obrázcích 5.3 a 5.4. Na obrázcích je vidět, že oba osciloskopy signál zobrazily sejně. To svědčí o tom, že po kalibraci lze zvukovou kartu bez problému využít k měření harmonických signálů slyšitelných frekvencí.



Obrázek 5.3: Signál zachycený zvukovou kartou



Obrázek 5.4: Signál zachycený analogovým osciloskopem

Třetím bodem úlohy je změřit jeho frekvenční charakteristiku a z ní určit dolní a horní mezní kmitočty. Určit dolní mezní frekvenci pomocí osciloskopu ze zvukové

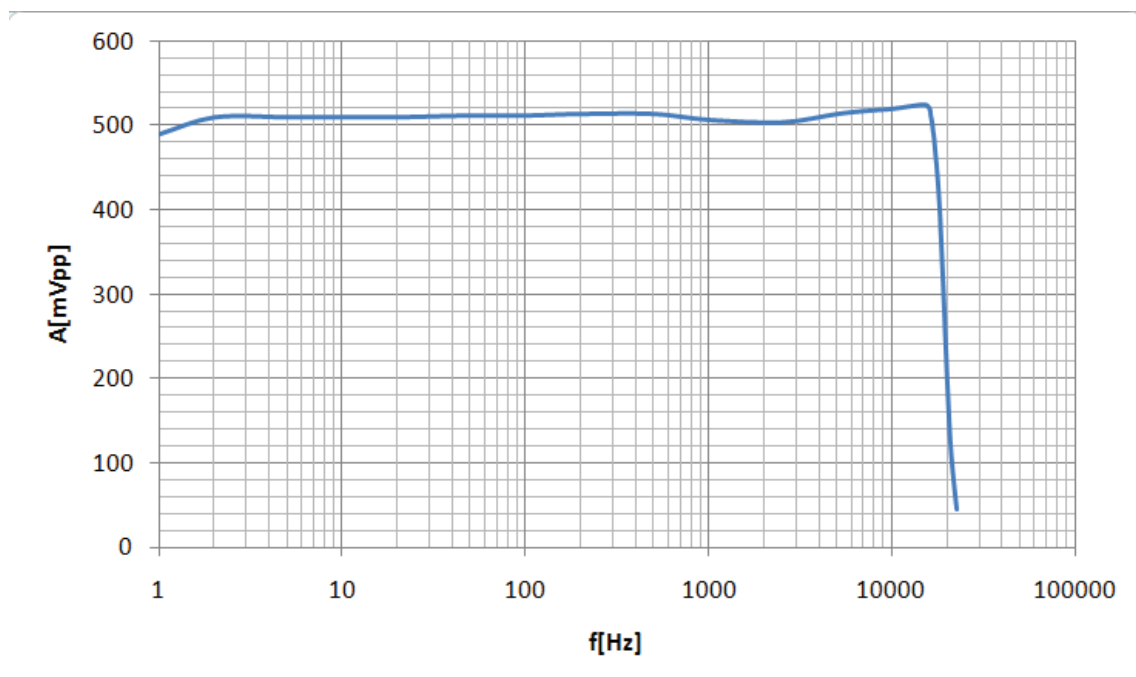
karty nebyl problém. Horní mezní frekvenci nebylo možné určit, protože byla vyšší než frekvenční rozsah vstupu zvukové karty.

Posledním bodem úlohy bylo změřit výstupní limitační napětí a jemu odpovídající vstupní limitační napětí. Toto měření probíhalo opět se vstupním napětím o frekvenci 1kHz, takže s jeho zachycením zvukovou kartou nebyl žádný problém. Na generátoru jsme nastavili Vstupní napětí 4mV. Vstupní napětí jsme pomalu zvyšovali až do té chvíle, než bylo na osciloskopu vidět, že výstupní napětí začíná mít ořezané špičky. Zobrazené průběhy byly identické na obou osciloskopech. Na obou se ořezání výstupního napětí objevilo ve stejnou chvíli.

Na tomto měření bylo dokázáno, že pro měření a zobrazování harmonických signálů o frekvencích v pásmu slyšitelných zvuků lze využít standardní zvukovou kartu.

5.2 Frekvenční charakteristika vstupu zvukové karty

Pro změření frekvenční charakteristiky byl použit funkční generátor. Bylo na něm nastaveno výstupní napětí harmonického průběhu o amplitudě zhruba 500mVPP a postupně byla zvyšována frekvence od 1Hz, což byla minimální frekvence generátoru, do 22,5kHz, kdy už byl signál velmi utlumen. Naměřená charakteristika vypadá podle očekávání. Pro frekvence do 18kHz je téměř lineární a za touto hranicí dochází k jejímu strmému poklesu. Charakteristika je na obrázku 5.5.



Obrázek 5.5: Frekvenční charakteristika vstupu zvukové karty

5.3 Měření periodických signálů různých průběhů

Na měření zesilovače s bipolárním tranzistorem jsme se přesvědčili, že vytvořený osciloskop harmonický signál zachytí a zobrazí nezkreslený a ve správném měřítku. V této kapitole se budu zabývat tím, jak se osciloskopem podaří zachytit a zobrazit periodické signály jiných než harmonických průběhů. Pro vytvoření signálů byl použit funkční generátor. Tento signál byl přiveden jak na vstup zvukové karty, tak na vstup standardního digitálního osciloskopu.

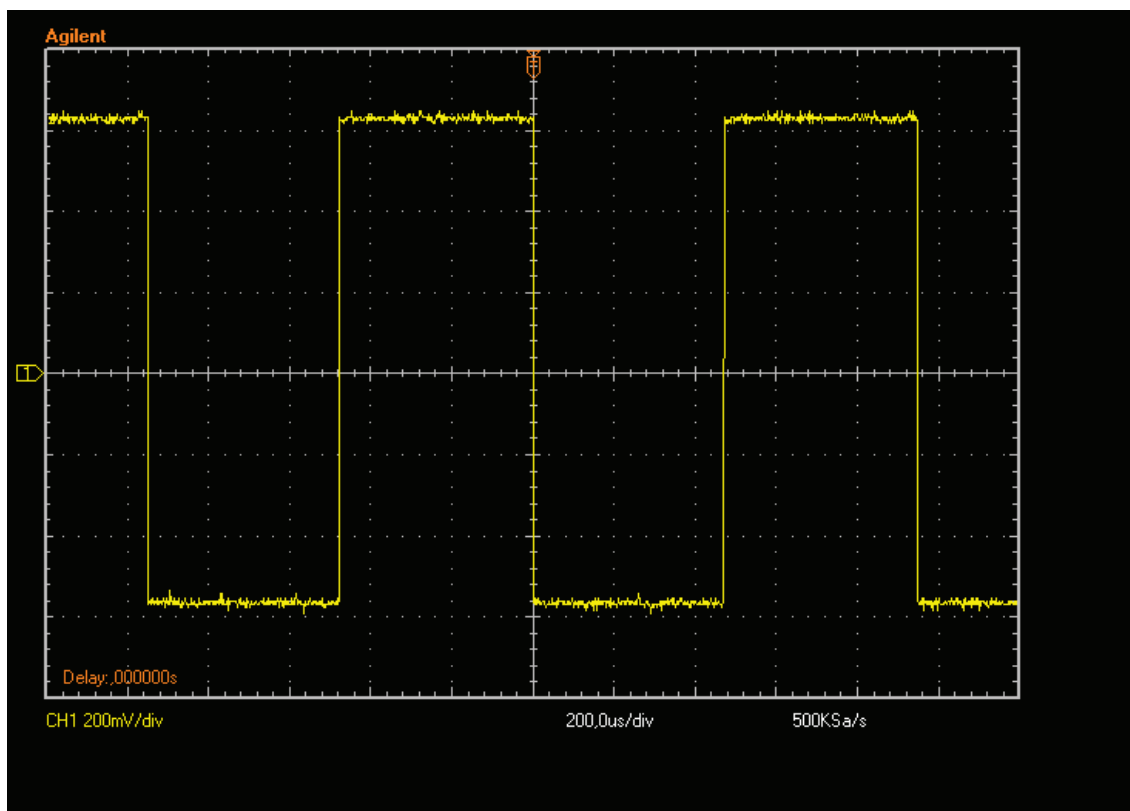
5.3.1 Obdélníkový signál

Nejprve bylo zkoumáno, jak osciloskop zobrazí obdélníkový signál. Na generátoru funkcí byl nastaven signál obdélníkového tvaru o frekvenci 1kHz a amplitudě 1,2Vpp.

Na níže uvedeném obrázku číslo 6.6 je signál zachycený zvukovou kartou. Na obrázku číslo 6.7 signál zachycený standardním digitálním osciloskopem. Na průběhu, který nám zobrazil digitální osciloskop je vidět, že obdélníkový signál měl velmi ostré hrany, na kterých nebylo vidět žádné zkosení. Oproti tomu průběh zachycený osciloskopem ze zvukové karty je značně zkreslen. Hrany nejsou strmé a jsou zde patrné značné zákrmy.



Obrázek 5.6: Obdélník 1kHz zachycený zvukovou kartou



Obrázek 5.7: Obdélník 1kHz zachycený standardním osciloskopem

To si lze vysvětlit tím, že jsou z tohoto průběhu odfiltrovány vyšší harmonické složky. Každý periodický signál lze rozložit na nekonečnou řadu harmonických signálů. Obdélník je složen z následujících harmonických složek.

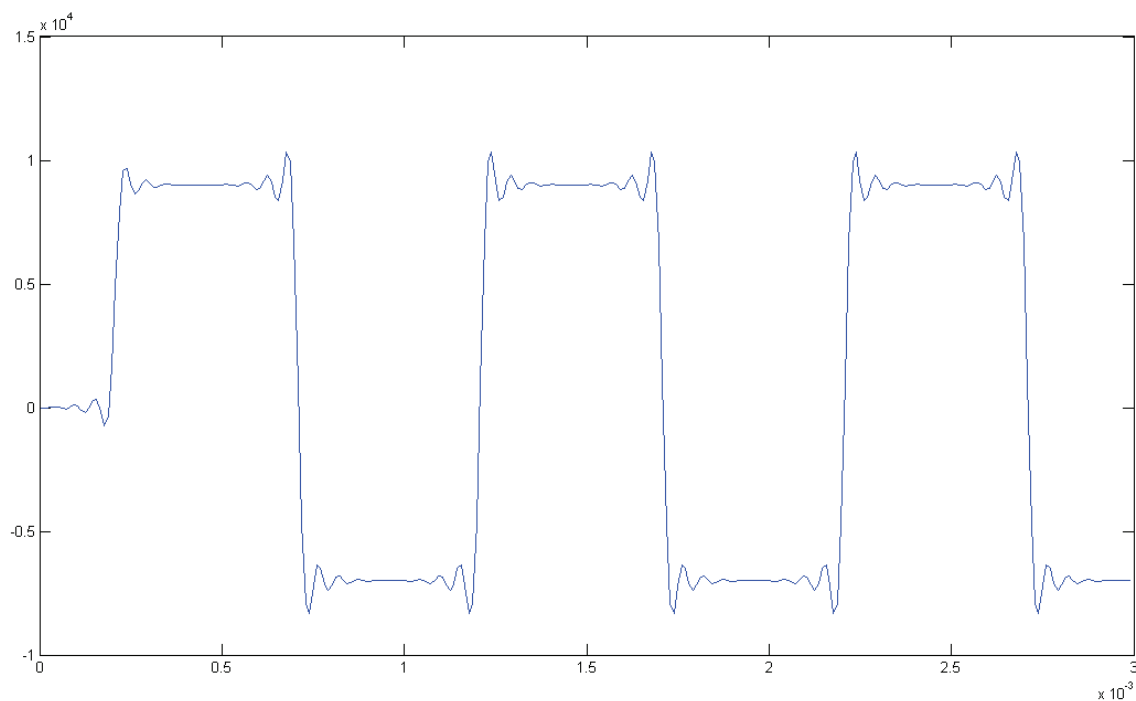
$$U(t) = \frac{\sin(f_0 \cdot t)}{1} + \frac{\sin(3f_0 \cdot t)}{3} + \frac{\sin(5f_0 \cdot t)}{5} + \frac{\sin(7f_0 \cdot t)}{7} + \frac{\sin(9f_0 \cdot t)}{9} + \frac{\sin(11f_0 \cdot t)}{11} + \dots$$

Obrázek 5.8: Harmonické složky obdélníka [10]

Tyto zákmity začínají už před strmou hranou, z čehož lze usoudit, že nebudou způsobeny analogovým filtrem. Toto lze vysvětlit tím, že zvuková karta na rozdíl od osciloskopu obsahuje ještě číslicový filtr. Tento filtr ze signálu odstraní pro lidské ucho neslyšitelné frekvence, tedy frekvence nad 18kHz. Také je tímto odstraněn šum.

Pro ověření, že zkreslení obdélníka je způsobeno číslicovým filtrem, bylo filtrování nasimulováno v programu Matlab. Byl vytvořen obdélníkový signál o stejných parametrech. Měl tedy frekvenci 1kHz a vzorkovací frekvenci shodnou se vzorkovací frekvencí zvukové karty 96kHz. Následně byl pomocí příkazu *firpm* vygenerován filtr s konečnou odezvou označovaný FIR. Filtr byl vytvořen tak, aby se choval jako dolní propust se zlomovou frekvencí 18kHz. Zlomová frekvence byla

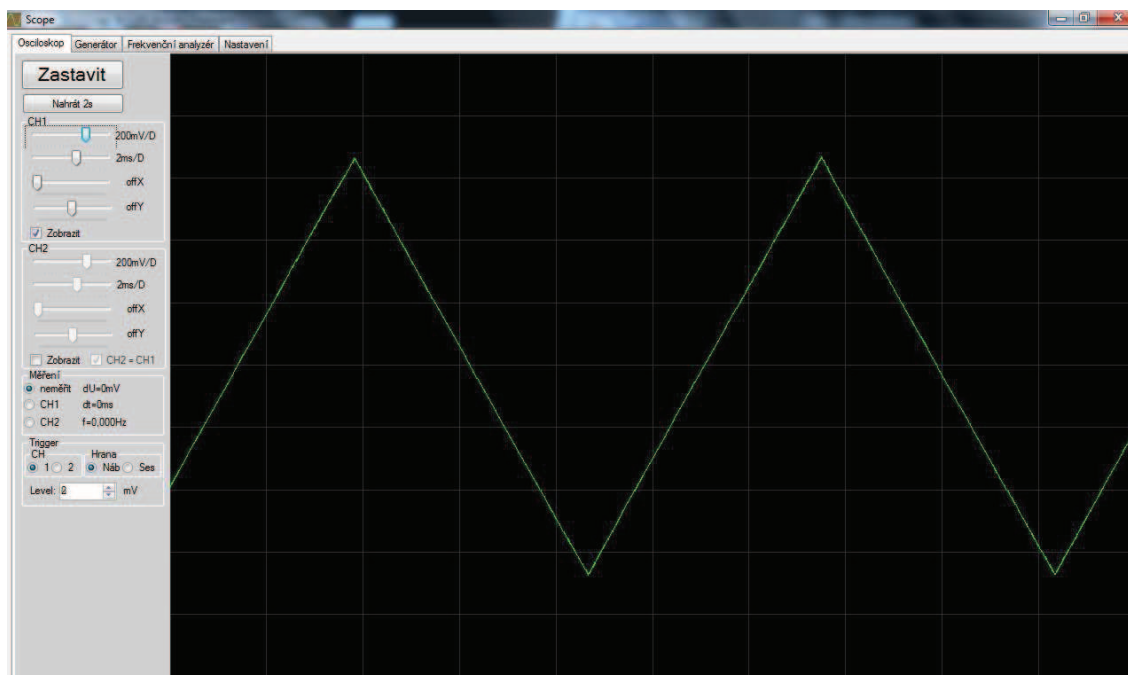
odvozena z frekvenční charakteristiky zvukové karty. Výsledný signál je počítán z padesáti vzorků. Obdélníkový signál byl tímto filtrem filtrován a průběh zobrazen. Výsledek je uveden na obrázku 5.9. Z obrázku je patrné, že se téměř shoduje s průběhem zaznamenaným zvukovou kartou.



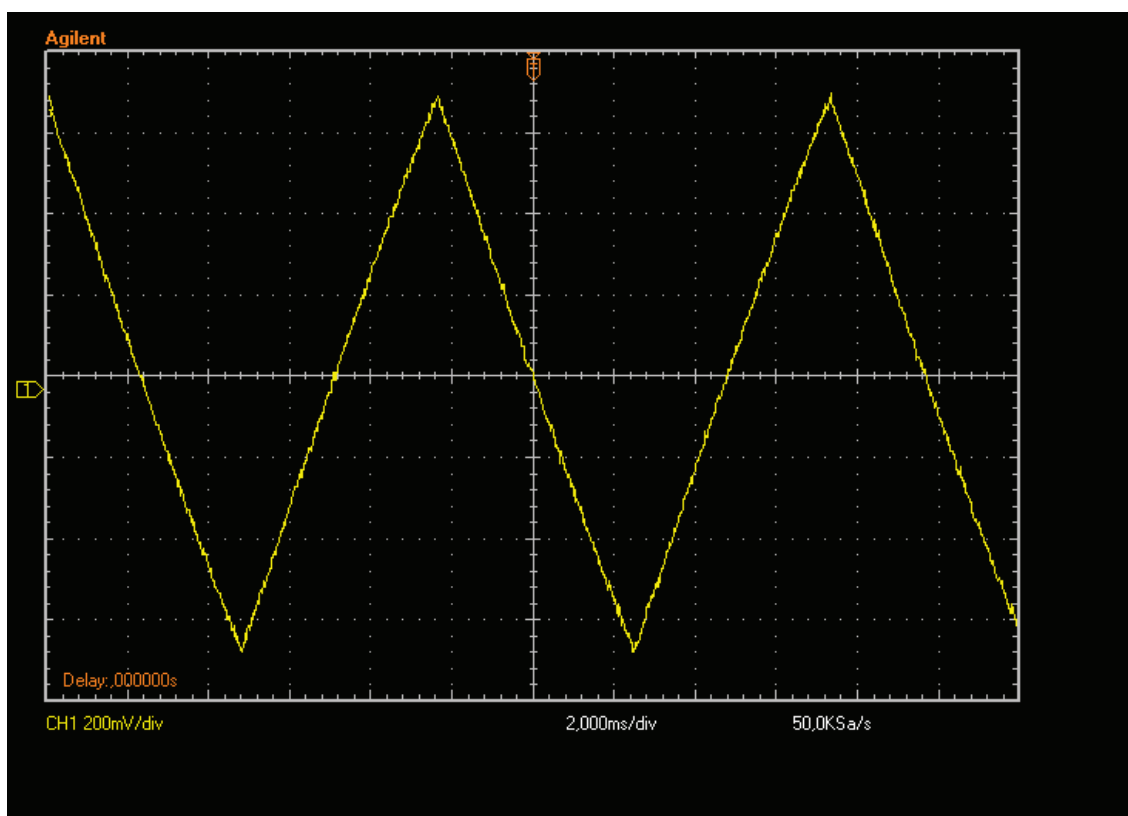
Obrázek 5.9: Obdélník 1kHz filtrovaný dolnoproputním filtrem FIR

5.3.2 Trojúhelníkový signál

Dalším testovaným průběhem byl průběh trojúhelníkový. Frekvence signálu byla zvolena na 1kHz a amplituda byla asi 1250mVpp. Na obrázku 5.10 je signál zachycený osciloskopem ze zvukové karty a na obrázku 5.11 signál zachycený standardním digitálním osciloskopem. Na obrázku je vidět, že trojúhelníkový signál není viditelně zkreslen.



Obrázek 5.10: Trojúhelníkový signál zachycený zvukovou kartou



Obrázek 5.11: Trojúhelníkový signál zachycený standardním osciloskopem

Trojúhelníkový signál je opět složen z nekonečné řady harmonických signálů. Jejich zápis je na následujícím obrázku.

$$U(t) = \frac{\sin(f_0 \cdot t)}{1^2} - \frac{\sin(3f_0 \cdot t)}{3^2} + \frac{\sin(5f_0 \cdot t)}{5^2} - \frac{\sin(7f_0 \cdot t)}{7^2} + \frac{\sin(9f_0 \cdot t)}{9^2} - \frac{\sin(11f_0 \cdot t)}{11^2} + \dots$$

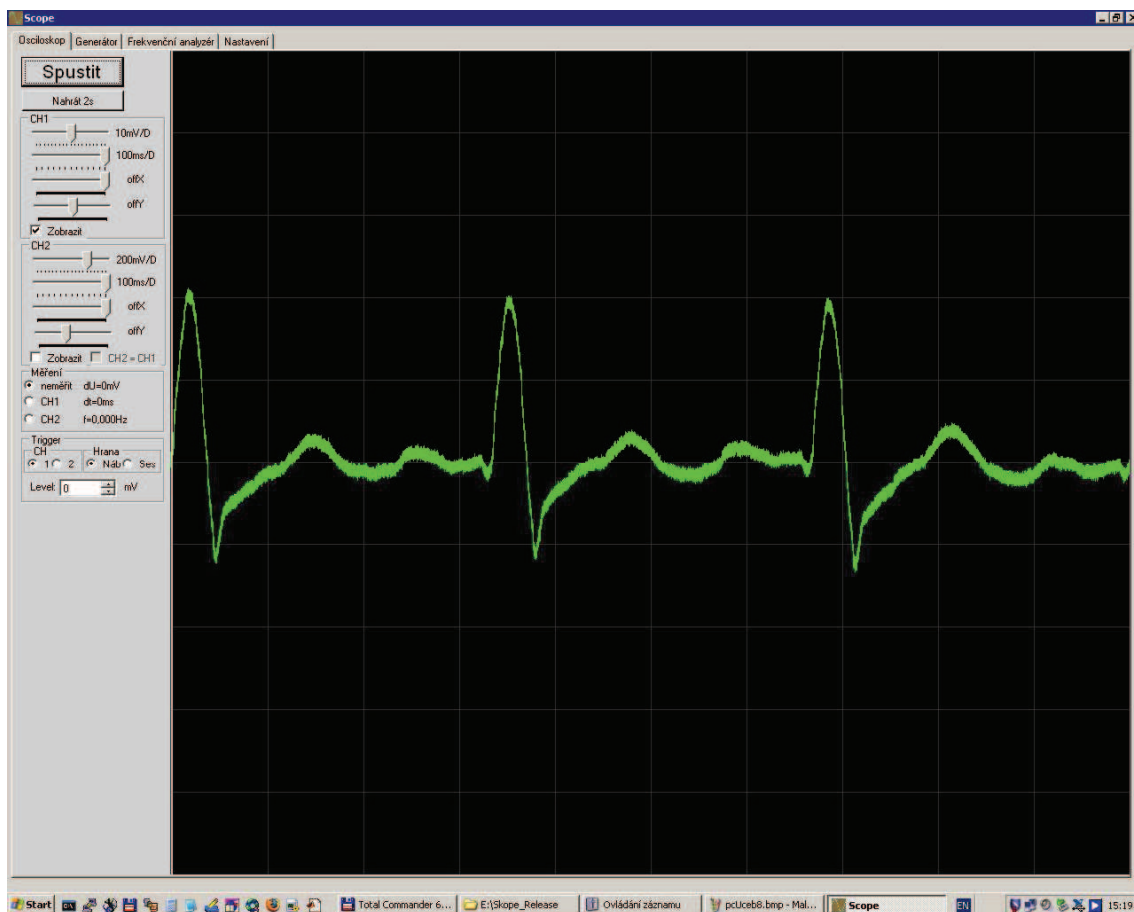
Obrázek 5.12: Harmonické složky trojúhelníka [10]

Tvar signálu ze složených vyšších harmonických složek se ideálnímu trojúhelníkovému průběhu ale blíží daleko rychleji než ideálnímu obdélníkovému. Proto odfiltrováním vyšších harmonických složek nedojde k tak výraznému zkreslení průběhu.

5.4 Měření signálu z EKG simulátoru

Osciloskop byl zkoušen na zobrazení výstupního signálu z EKG simulátoru. Simulátor je určen pro výuku studentů zdravotních oborů. Zkratka EKG znamená elektrokardiogram. Jde o elektrický potenciál, který můžeme naměřit na lidském těle, způsobený srdeční činností. Amplituda tohoto signálu má velikost zhruba jednotky až desítky milivoltů. [11]

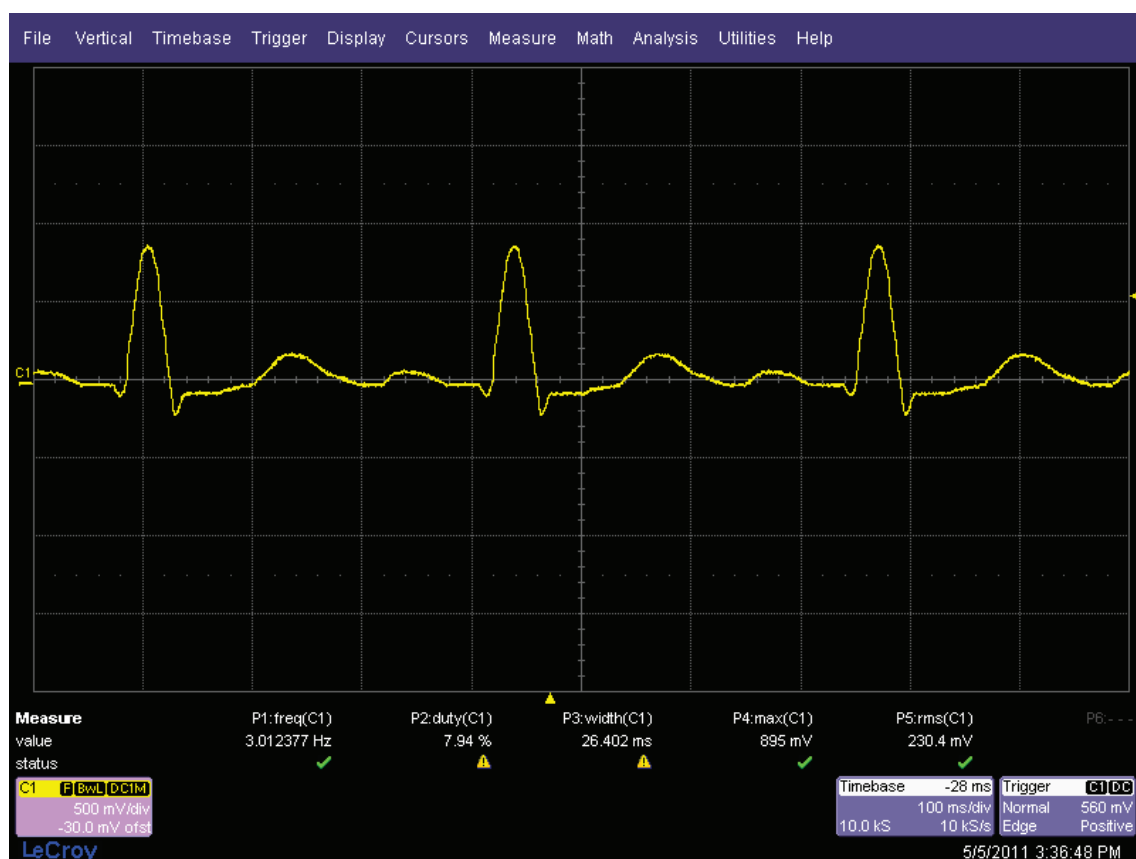
Cílem tohoto pokusu bylo zjistit, zda by se pro monitorování signálu z EKG simulátoru nedalo využít zvukové karty. Tento signál má frekvenci okolo jednoho Hz až tří kHz podle rychlosti tepu člověka. Je tedy výrazně pod prahem slyšitelných zvuků. Proto bude zajímavé, jak si s jeho zachycením zvuková karta poradí. Zachytávaný signál byl stokrát zesílen přípravkem, který je součástí EKG simulátoru, pro snadnější zachycení osciloskopem. Na níže uvedených obrázcích jsou pro porovnání zobrazeny zachycené průběhy jak z osciloskopu z PC (Obr. 5.13) tak na standardním digitálním osciloskopu (Obr. 5.14).



Obrázek 5.13: Signál EKG zachycený osciloskopem ze ZK

Takto byl vytvořeným softwarem zobrazen signál EKG zachycený zvukovou kartou. Z obrázku je patrné, že signál byl značně zatížen šumem. Přepínač přípravku byl přepnut na dělicí poměr 1/50, aby měl větší vstupní odpor a méně zatěžoval měřený obvod. V nastavení ale nebylo toto zohledněno a tak není měřítko přepočítáno a signál je zobrazen jako padesátkrát menší.

Zobrazený signál byl na svoji velmi malou frekvenci zobrazen poměrně dobře. Na jeho průběhu jsou ale vidět jisté odlišnosti oproti signálu zobrazeném na standardním osciloskopu (Obr. 5.14). Zejména je patrný výrazný překmit strmé sestupné hrany. Pro orientační zobrazení signálu by vytvořený osciloskop jistě stačil. Pro měření parametrů jednotlivých pulzů signálu, které studenty zdravotních oborů zajímají, by nepostačil. Zkreslení signálů takto malých frekvencí by mohlo být způsobeno oddělovacím kondenzátorem.



Obrázek 5.14: Signál EKG zobrazený standardním osciloskopem

Závěr

Vytvořená aplikace splnila původní požadavky a posloužila pro prozkoumání možností standardní zvukové karty. Lze ji použít jako jednoduchý osciloskop, frekvenční analyzátor nebo jako funkční generátor. Bylo odzkoušeno, jak si vytvořená aplikace poradí se zachytáváním různých signálů. Osciloskop má malý frekvenční rozsah daný frekvencí slyšitelných zvuků. Je možné zobrazit i signály menších frekvencí, ale jsou zatíženy zkreslením. Osciloskop bez problémů zachytí harmonické signály. Se zobrazením trojúhelníkového signálu také nebyl problém, ale strmé hrany zkresluje. Ale i přes tyto nedostatky na spoustu aplikací jistě dobře poslouží. Zejména při amatérské konstrukci audiotechniky by se jeho nedostatky nejspíš vůbec neprojevíly.

Seznam použité literatury

- [1] BÁBÍČEK, Lukáš. *Http://www.fi.muni.cz* [online]. 2002 [cit. 2011-05-07]. Historie a vývoj zvukových karet. Dostupné z WWW: <<http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xbabice1.html>>.
- [2] *Www.root.cz* [online]. 2009 [cit. 2011-05-16]. Vývoj zvukových karet Sound Blaster. Dostupné z WWW: <<http://www.root.cz/clanky/vyvoj-zvukovych-karet-sound-blaster/>>.
- [3] *Http://www.sweex.com* [online]. 2011 [cit. 2011-05-16]. Sound cards. Dostupné z WWW: <<http://www.sweex.com/en/assortiment/sound-vision/sound-cards/SC012>>.
- [4] *Http://www.asus.as* [online]. 2011 [cit. 2011-05-16]. Zvukové karty. Dostupné z WWW: <<http://www.asus.as/asus-xonar-hdvr13-deluxe-pci-e-lowprofile-eax50-71chhdm1.html>>.
- [5] *Http://www.root.cz* [online]. 2010 [cit. 2011-05-16]. Historie počítačů vyráběných v SSSR. Dostupné z WWW: <<http://www.root.cz/clanky/historie-pocitacu-vyrabenych-v-sssr-2/>>.
- [6] *Http://www.trinstruments.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-05-16]. Osciloskop ox 863b. Dostupné z WWW: <<http://www.trinstruments.cz/osciloskop-ox-863b>>.
- [7] *Http://www.home.agilent.com* [online]. 2011 [cit. 2011-05-16]. DSO1024A Oscilloscope. Dostupné z WWW: <<http://www.home.agilent.com/agilent/techSupport.jsp?pid=1569581&cc=CZ&lc=eng&t=80039.k.1&guid=183805>>.
- [8] *Http://www.cleverscope.com* [online]. 2011 [cit. 2011-05-16]. Cs328a. Dostupné z WWW: <<http://www.cleverscope.com/products/cs328a.php>>.
- [9] *Http://msdn.microsoft.com* [online]. 2009 [cit. 2011-05-07]. Waveform Audio Functions. Dostupné z WWW: <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa909811.aspx>>.
- [10] Praktická elektronika. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, [cit. 2011-05-16]. Dostupné z WWW: <http://cs.wikibooks.org/wiki/Praktická_elektronika/Spektrum_signálu>.

[11] Elektrokardiogram. In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, [cit. 2011-05-07]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrokardiogram>>.

Příloha A – Přiložené CD

Přiložené CD obsahuje:

- bakalářskou práci v elektronické podobě
- zdrojové soubory vytvořené aplikace.